

Rec'd PCT/PTO 20 APR 2005

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS
NATIONAL BOARD OF PATENTS AND REGISTRATION

10/532148

PCT/FI03/00784

Helsinki 8.12.2003

ETUOIKEUSTODISTUS
PRIORITY DOCUMENT

RECEIVED

28 JAN 2004

WIPO

PCT



Hakija
Applicant

Metso Paper, Inc.
Helsinki

Patenttihakemus nro
Patent application no

20021902

Tekemispäivä
Filing date

24.10.2002

Kansainvälinen luokka
International class

G01N

Keksinnön nimitys
Title of invention

"Menetelmä paperin kimmomoduulin määrittämiseksi"

Täten todistetaan, että oheiset asiakirjat ovat tarkkoja jäljennöksiä Patentti- ja rekisterihallitukselle alkuaan annetuista selityksestä, patenttivaatimuksista, tiivistelmästä ja piirustuksista.

This is to certify that the annexed documents are true copies of the description, claims, abstract and drawings originally filed with the Finnish Patent Office.


Pirjo Kallä
Tutkimussihteeri

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

Maksu 50
Fee 50 EUR

Maksu perustuu kauppa- ja teollisuusministeriön antamaan asetukseen 1027/2001 Patentti- ja rekisterihallituksen maksullisista suoritteista muutoksineen.

The fee is based on the Decree with amendments of the Ministry of Trade and Industry No. 1027/2001 concerning the chargeable services of the National Board of Patents and Registration of Finland.

Osoite: Arkadiankatu 6 A Puhelin: 09 6939 500 Telefax: 09 6939 5328
P.O.Box 1160 Telephone: + 358 9 6939 500 Telefax: + 358 9 6939 5328
FIN-00101 Helsinki, FINLAND

Menetelmä paperin kimmomoduulin määrittämiseksi

5 Tämän keksinnön kohteena on menetelmä paperin tai vastaavan rai-
namaisen, rullalle rullattavan materiaalin radiaalisuuntaisen kimmomo-
dulin määrittämiseksi. Kyseisessä menetelmässä mitataan kerroksittain
päällekkäin asetetun materiaalin voiman ja painuman välinen yhteys.

10 Tunnettu menetelmä paperirullan radiaallisen kimmomodulin mittaami-
seksi on laboratoriossa tehtävä mittaust, joka on esitetty esimerkiksi jul-
kaisussa D. Roisum: The Mechanics of Winding, Tappi Press 1994, s.
62. Mittaus suoritetaan siten, että paperiarkkipinoa puristetaan kahden
tason välissä. Mittauksen tuloksena saadaan käyrä, joka esittää puris-
tusvoimaa pinon korkeuden funktiona. Jännitys saadaan jakamalla
voima mittausalueella. Paperipinon venymä, joka tässä tapauksessa
15 on itse asiassa kokoonpuristumista, saadaan jakamalla korkeuden
muutos alkuperäisellä pinon korkeudella. Paperipinoa kuormitetaan sii-
hen jännitykseen asti, joka on oleellisesti sama kuin maksimijännitys,
jonka oletetaan vaikuttavan rullan sisällä. Paperipinon kuormitus suo-
ritetaan useita kertoja peräkkäin. Radiaalinen kimmomoduli on jännitys-
20 venymä -käyrän tangentin kulmakerroin.

25 Laboratoriomittauksen ongelmia ovat, että se toteutuu viiveellä, ts. rea-
gointi tuotannon ongelmiin on hidasta. Paperipinon muoto ei täysin
vastaa tuotantokoneen rullan muotoa. Lisäksi joudutaan käyttämään
paperipinoa, jolloin näytteen valmistelu mittaukselta varten on jossain
määrin hankalaa. Paperipinoa on kuitenkin käytettävä tässä mittauk-
sessa, koska yksittäisten arkki-
30 kien mittaaminen on todella hankalaa ja
voi johtaa virheellisiin tuloksiin.

35 Keksinnön mukaisella menetelmällä edellä mainittuja ongelmia voidaan
poistaa tai vähentää. Keksinnön mukaiselle menetelmälle on tunnus-
omaista, että radiaalisuuntaisen kimmomodulin laskentaan tarvittavat
voiman ja painuman mittaukset suoritetaan paperirullasta rullausasen-
non ulkopuolella. Rullausasennolla tarkoitetaan asentoa, jossa rulla on,
kun sille rullataan jatkuvan rainan muodossa olevaa materiaalia.

2

Keksinnön mukaisen menetelmän etuja ovat, että voiman ja painuman mittausta voidaan suorittaa rullalta, jolloin mitattavan pinnan muoto on oikea. Mittauksella saadaan tietoa siitä, miten on rullattava, esimerkiksi mitä rainan kireyttä kulloinkin pitää käyttää, ts. mittauksen tuloksia voidaan soveltaa teoreettisiin rullausmalleihin. Koska mittaus tapahtuu valmiilta rullalta, virheisiin rullauksessa voidaan reagoida nopeasti. Virheellisesti rullattu materiaali voidaan uudelleenrullata tai hylätä. Keksinnön mukaista menetelmää voidaan soveltaa usean tyyppisten rullainten, kuten keskiörollainten tai kantotelarullainten rullausasennon jälkeen, kun rulla on siirretty erityiseen mittausasentoon. Menetelmää on mahdollista soveltaa vastaavalla tavalla myös jatkuvatoimisissa kiinnirullaimissa.

Haluttaessa käyttää teoreettisia rullausmalleja rullausreseptien aikaansaamiseksi on tarpeellista tietää paperirullan konstitutiivinen käyttäytyminen eli paperirullan jännityksen ja venymän välinen yhteys. Elastista ortotrooppista tasomallia käytettäessä tämän yhteyden kuvaamiseen tarvitaan neljä suuretta, joista radiaalisuuntainen kimmomoduli riippuu paineesta rullan sisällä ja muut kolme suuretta oletetaan yleensä vakioiksi. Radiaalisuuntaisen kimmomodulin arvioimiseksi on nyt kehitetty menetelmä, joka selostetaan seuraavassa.

Keksinnön mukaista menetelmää käytettäessä paperin tai vastaavan materiaalin radiaalisuuntaisen kimmomodulin laskentaan tarvittavat voiman ja painuman mittaukset suoritetaan paperin tai vastaavan materiaalin rullausasennon ulkopuolella, eli rulla siirretään rullaasennosta erityiseen mittausasentoon. Mittauksessa paikoillaan olevaa (pyörimätöntä) paperirullaa tai vastaavaa kuormitetaan eri suuruisilla voimilla paperirullan säteen suunnassa ja voimia vastaavat painumat rekisteröidään. Painumalla tarkoitetaan tässä hakemuksessa rullalla kerroksittain olevan paperin tai vastaavan materiaalin kokoonpuristumista rullan säteen suunnassa silloin, kun rullaa kuormitetaan säteen suuntaisella voimalla. Painuma voidaan mitata joko suoraan painoelimen liikkeestä rullan säteissuunnassa tai epäsuorasti kosketusalan laajuudesta kuormituksessa (kosketusalan laajuus rullan kehän suunnassa korreloi painuman kanssa).

3

Mittaus suoritetaan paperirullan tai vastaavan ollessa mittausasemassa, jossa on elimet painuman aikaansaamiseksi ja rekisteröimiseksi ja elimet painumaa vastaavan voiman rekisteröimiseksi. Mittaus suoritetaan sen jälkeen, kun paperirulla on valmistunut, rulla on pysäytetty, ja se on siirretty tämän jälkeen mittausasemaan. Rullaa kuormitetaan tunnetulla voimalla ja samanaikaisesti mitataan rullan painumaa. Rullaa kuormittava elin mittausasemassa voi olla kääntöliikkeen tai lineaariliikkeen avulla rullan pintaa painava painoelin. Painuman mittaaminen voidaan suorittaa esimerkiksi mittaamalla tämä liike tai painumasta riippuva, kuormittavan elimen suoran pinnan ja paperirullan pinnan välisen kosketusalan laajuus kuormitustilanteessa. Voima voidaan mitata painoelimeen sijoitetun anturin avulla tai kuormitusliikkeen vaatiman voiman perusteella. Mittaustulosten perusteella saadaan käyrä rullan säteen suuntaisesta painumasta rullaa kuormittavan voiman funktiona.

Painumat määritetään eri voima-arvoilla, joita on niin monta, että niiden avulla voidaan saada luotettavasti voima-painuma-käyrä. Käytännössä voidaan voimaa kasvattaa jatkuvasti ja mitata voimat ja vastaava painuma riittävän tihein välein tai jatkuvasti, kun painoelintä painetaan jatkuvasti säteen suunnassa kohti rullan keskiakselia.

Teoreettiseen paperirullan kuormitusmalliin sijoitetaan rullattavan paperin tai vastaavan rainamaisen materiaalin tangentialinen kimmomoduli, joka on saatu mittaustuloksena joko laboratoriomittauksena tai tuotantokoneella. Teoreettiseen kuormitusmalliin tarvitaan lisäksi alkuarvauksina elastisia parametreja. Teoreettisen kuormitusmallin perusteella saadaan toinen käyrä rullan säteen suuntaisesta painumasta rullaa kuormittavan voiman funktiona.

Paperirullan teoreettinen kuormitusmalli voi olla esimerkiksi FEM-laskentaa (finite element model) apuna käyttävä malli. FEM-laskenta on sinänsä tunnettua ja sen vuoksi sitä ei tarkemmin selitetä. Yleisesti voidaan sanoa, että FEM-laskentaa käytetään silloin, kun eksaktien matemaattisten kaavojen käyttö esimerkiksi niiden monimutkaisuuden vuoksi on vaikeaa.

4

Mittaustulosten perusteella saatua käyrää ja teoreettisen kuormitusmallin perusteella saatua käyrää verrataan toisiinsa. Mikäli ne ovat samat, alkuarvaus elastisista parametreista on oikea. Mikäli käyrät eivät vastaa toisiaan, elastisille parametreille annetaan uudet arvot ja tätä

5 jatketaan niin kauan, että teoreettisen kuormitusmallin avulla saatu käyrä vastaa mittaustuloksia. Radiaalinen kimmomoduli tulee täysin tunnetuksi em. elastisista parameterista, jotka aluksi on otettu laskentaan arvauksina. Saadun tuloksen perusteella voidaan radiaalisuuntainen kimmomoduli arvioida. Arvioinnissa voidaan käyttää

10 esimerkiksi pienimmän neliösumman sovitusta, jossa haetaan minimi laskettujen ja mitattujen arvojen erotuksen neliölle.

Seuraavassa keksintöä selostetaan kuvien avulla, joissa

- 15 kuva 1 esittää keksinnön mukaista menetelmää lohkokaaaviona,
- kuvat 2 ja 3 esittävät eräitä mittausasemia, joissa keksinnön mukainen menetelmä voidaan suorittaa, rullan sivukuvantoina, ja
- 20 kuva 4 esittää erästä menetelmän edullista suoritusmuotoa rullan etukuvantona.

25 Kuvassa 1 on esitetty keksinnön mukaisen paperin radiaalisen kimmomodulin mittausmenetelmä lohkokaaaviona. Radiaalisen kimmomodulin laskemiseksi tarvitaan alkuarvaus elastisista parametreista ja paperista mitattu tangentialinen kimmomoduli.

30 Radiaalisuuntainen kimmomoduli voidaan esittää kaavalla $E_r = E_r(\sigma_r)$ eli E_r riippuu radiaalijännityksestä σ_r . Tämä riippuvuus voidaan kuvata 1. – 3. asteen polynomilla. Elastiset parametrit, jotka tarvitaan alkuarvauksina, voivat olla esimerkiksi tämän polynomin kertoimia.

35 Tangentialinen kimmomoduli voi olla mitattu laboratoriomittauksena tai se voi olla mitattu tuotantokoneella. Kun alkuarvauksena annetut elastiset parametrit sijoitetaan teoreettiseen rullausmalliin ja FEM-laskennan avulla saadaan käyrä rullan painumasta nippikuorman funktio-

5

na, saatua käyrää verrataan tuotantokoneelta mittaustuloksena saat-
tuun, rullan painumaa nippikuorman funktiona esittävään käyrään. Mi-
käli käyrät ovat samat, alkuarvaus on oikea. Mikäli ne eivät ole samoja,
annetaan elastisille parametreille uudet arvot ja käyrien vertailua jat-
ketaan.

5 Kuvassa 2 on esitetty pituusleikkurin jälkeen suoritettava mittaus. Mit-
taus suoritetaan mittausasemassa, esimerkiksi WinBelt® -rullaimen tai
WinRoll® -rullaimen jälkeen. Mittausasema voi olla paikassa, johon
10 rullat siirretään seuraavaksi rullalmelta, esimerkiksi rulla-asentoa seu-
raavan tukialustan kohdalle, johon rulla vieritetään kantotelan päältä ja
pysäytetään.

15 Kuvassa 2 on esitetty ensimmäinen keksinnön mukaisen menetelmän
periaate, jossa hylsyn ympärille pituusleikkurissa rullattua asiakasrullaa
R painetaan ylhäältä päin painoelimellä 1, joka on sijoitettu kääntyvän
varren 2 päähän. Varsi on järjestetty kääntyväksi pystytasossa ja kiin-
nitetty sopivaan runkorakenteeseen. Vartta 2 painetaan alas ja samalla
20 painoelintä 1 rullaan R voimalaitteella F, joka on järjestetty rungon ja
varren 2 välille. Kuormitusvarren 2 kulma-asento (kulma θ) mitataan
kulma-anturilla 4. Kulmasta ja voimalaitteella 3 aiheutetusta voimasta
voidaan määrittää painoelimen 1 painuma painoelimen 1 aiheuttaman
radiaalisuuntaisen voiman funktiona.

25 Voimalaite 3 voi olla esimerkiksi hydraulisylinteri, jonka aiheuttama
voima on mitattavissa ja sen perusteella voidaan laskea painoelimen 1
aiheuttama voima.

30 Painoelin 1 voi olla suhteellisen pieni, mutta edellytys sen toimimiselle
on, että se ei muuta muotoaan kuormituksessa. Painoelin 1 voi olla
esim. terästä tai muuta sopivan kovaa materiaalia. Painoelimen ala-
pinta on tasomainen tason asettuessa suunnilleen tangentialisesti
rullan kehäpintaan nähden.

35 Jotta varsinainen kuormitusvoima voitaisiin mitata tarkasti, voidaan
painoelimen 1 alapinnalla käyttää sopivaa voima-anturia 5. Tämä
voima-anturi mittaa suoraan voimaelimen 1 pinnan ja rullan R kehäpin-

6

nan välisessä nipissä vaikuttavan nippivoiman. Voidaan käyttää esimerkiksi jotain paineherkkää kalvoanturia, joka kykenee antamaan voimaan verrannollisen mittaussignaalin. Yksi esimerkki on pietsoresistiivinen mittausfilmi tai vastaava kalvoanturi. Käyttämällä laajapintaista kalvoanturia tai useampia antureita eri kohdilla painoelintä 1 voidaan mitata myös nipin muoto eli kontaktileveys, millä saadaan lisää tietoa. Kontaktileveys, eli kontaktialueen laajuus rullan kehän suunnassa kertoo myös painuman, jolloin sopivalla painoelimen anturoinnilla voidaan mitata sekä voima että painuma.

10

Kuvassa 3 on esitetty toinen menetelmä, jossa on myös painoelin 1 sijoitettuna varren 2 päähän. Toiminta on analoginen kuvan 2 kanssa sillä erotuksella, että voimalaitteella 3 aiheutetaan lineaariliike, koska painoelin 1 ja varsi 2 on järjestetty lineaarisesti siirtyväksi johteeseen.

15

Myös tässä tapauksessa voima voidaan määrittää voimalaitteen 3 käyttämän voiman tai painoelimeen 1 sijoitetun voima-anturin 5 avulla. Painumaan verrannollisen liikkeen mittaamiseen voidaan tässä vaihtoehdossa käyttää riittävän tarkkaa lineaariliikettä mittaavaa anturia 4. Myös tässä vaihtoehdossa painuma voidaan määrittää painoelimen anturin avulla, jos sillä voidaan tunnistaa kontaktialueen laajuus.

20

Sekä kuvan 2 että kuvan 3 mittausasemassa rulla R on siirretty pois rulla-asennosta. Mittausasemassa on tukialusta 6, jolla rulla sijaitsee riittävän hyvin alta tuettuna ja sen vieriminen on estetty. Tukialusta 6 voi sijaita esim. lattiatasossa. Etuna mittauksen suorittamisesta rullaimen ulkopuolella on se, että se voidaan suorittaa rullaustapahtumaa häiritsemättä. Kun mittaus suoritetaan asemassa, johon rullat normaalisti poistetaan, kun ne on rullattu täyteen, ei myöskään häiritä rullaimen muutosvaihtosekvenssiä. Koska mitattaessa rullaa R mittausasemassa voidaan samanaikaisesti rullata uutta rullaa rullaimessa, rullausta ei häiritä ja mittauksia voidaan suorittaa periaatteessa siihen asti, kunnes rulla täytyy siirtää pois rullausprosessista tulevan seuraavan rullan tieltä, jota tullaan mittaamaan seuraavaksi samassa mittausasemassa.

25

30

35

Kuvassa 4 on esitetty vielä eräs edullinen suoritusmuoto. Painoelin 1 on järjestetty siirtyväksi poikkisuunnassa, t.s. rullan aksiaalisuunnassa

7

- (hylsyn pituussuunnassa), jolloin voidaan suorittaa voima-painuma-käyrän määrittäminen eri kohdilla rullaa. Eri kohdilta määritettyjä käyriä voidaan käyttää rullan radiaalimoduulin poikkiprofilin mittaukseen. Käytännössä kuvan 4 mittausasema on toteutettu niin, että painoelin 1 on
- 5 järjestetty siirtyväksi poikkisuuntaiseen johteeseen 7, johon painoelintä 1 kannattava varsi 2 voidaan ripustaa kiinnittämällä se esimerkiksi johteen pituussuunnassa edestakaisin liikkuvaksi järjestettyyn kelkkaan 8 tai vastaavaan.
- 10 Kuvan 4 järjestelyä voidaan käyttää myös useamman rinnakkaisen rullan mittaamiseen, mikä tilanne esiintyy kun useampi samasta rainasta pituusleikkauksen jälkeen rullattu rulla otetaan ulos rullaimesta. Painoelin 1 siirretään vuorollaan kunkin rullan päälle. Kustakin rullasta voidaan mitata yksi piste tai useita profiilin määrittämiseksi.
- 15 Edellä esitetyt sovellusesimerkit eivät ole keksintöä rajoittavia. Keksinnön mukaista menetelmää voidaan soveltaa myös jatkuvatoimisille kiinnirullaimille, jotka on järjestetty rullaamaan tuotantolevyistä paperinaa peräkkäisille konerullille. Tällainen mittaus voidaan suorittaa
- 20 esimerkiksi konerullan ollessa rullauskiskoilla rullausasennon ulkopuolella, tai konerullan ollessa aukirullaimella, ennen kuin sitä aletaan purkaa. Myös profiilin määrittäminen on mahdollista konerullalle. Pääasia tässä keksinnössä on, että paperin tai vastaavan materiaalin radiaalisuuntaisen kimmomodulin laskentaan tarvittavat voiman ja painuman mittaukset
- 25 voidaan suorittaa suoraan rullasta rullausta häiritsemättä, ja näin ylimääräistä työtä aiheuttava laboratoriomittausvaihe voidaan jättää pois.

Patenttivaatimukset:

- 5 1. Menetelmä paperin tai vastaavan rainamaisen, rullalle rullattavan materiaalin radiaalisuuntaisen kimmomodulin määrittämiseksi, jossa menetelmässä mitataan kerroksittain asetetun materiaalin voiman ja painuman välinen yhteys, **tunnettu** siitä, että radiaalisuuntaisen kimmomodulin laskentaan tarvittavat voiman ja painuman mittaukset suoritetaan paperin tai vastaavan materiaalin rullasta (R) rullausasennon ulkopuolella.
- 10 2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että paperista tai vastaavasta materiaalista rullattua rullaa (R) kuormitetaan tietyllä voimalla rullan (R) säteen suunnassa ja kuormitusta vastaava rullan painuma rullan säteen suunnassa mitataan ja rekisteröidään.
- 15 3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että mittaustuloksista saadaan käyrä, joka on rullan painuma nippikuorman funktiona.
- 20 4. Patenttivaatimuksen 3 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että mittaustuloksista saatua käyrää verrataan teoreettisesti laskettuun käyrään rullan painumasta nippikuorman funktiona.
- 25 5. Patenttivaatimuksen 4 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että teoreettisesti lasketun käyrän rullan painumasta nippikuorman funktiona vastatessa mittaustuloksista saatua käyrää, voidaan radiaalinen kimmomoduli arvioida.
- 30 6. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen 2-5 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että rullaa kuormitetaan rullan (R) säteen suunnassa liikkuvan painoelimen (1) tasomaisella pinnalla.
- 35 7. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen 2-6 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että voima mitataan rullaa kuormittavaan ja siihen kontaktissa olevaan painoelimeen (1) sijoitetulla voima-anturilla (5).

9

8. Patenttivaatimuksen 7 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että voima-anturilla (5) määritetään myös kuormitetun alueen laajuus rullassa (R).
- 5 9. Patenttivaatimuksen 8 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että kuormitetun alueen laajuuden perusteella määritetään rullan (R) painuma säteissuunnassa.
- 10 10. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että paperin tai vastaavan rullattavan materiaalin radiaalisen kimmomoduulin profiili määritetään suorittamalla voiman ja painuman mittaukset eri kohdilla rullan (R) aksiaalisuunnassa.

L3

(57) Tiivistelmä:

Keksinnön kohteena on menetelmä paperin tai vastaavan rullamaisen, rullalle rullattavan materiaalin radiaalisuuntaisen kimmomoduulin määrittämiseksi. Menetelmässä mitataan kerroksittain asetetun materiaalin voiman ja painuman välinen yhteys. Radiaalisuuntaisen kimmomodulin laskentaan tarvittavat voiman ja painuman mittaukset suoritetaan paperin tai vastaavan materiaalin rullasta (R) rullausasennon ulkopuolella kuormittamalla rullaa painoelimellä (1).

Fig. 2

L4

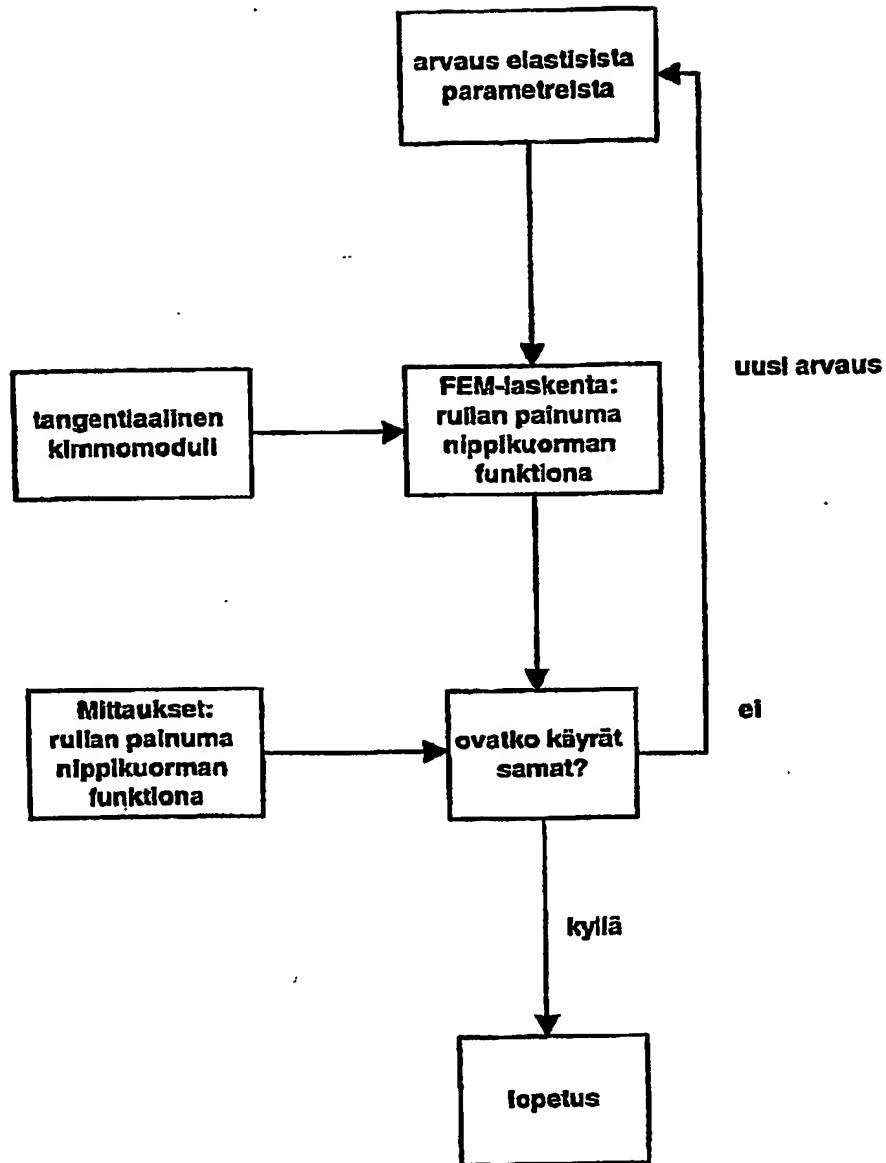


Fig.1.

24

2

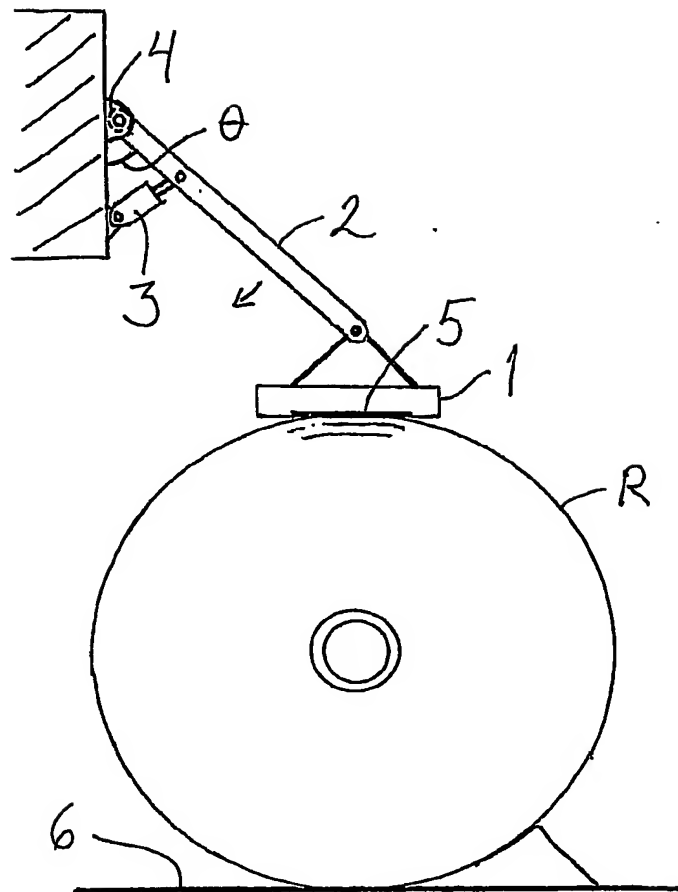


Fig. 2

24

3

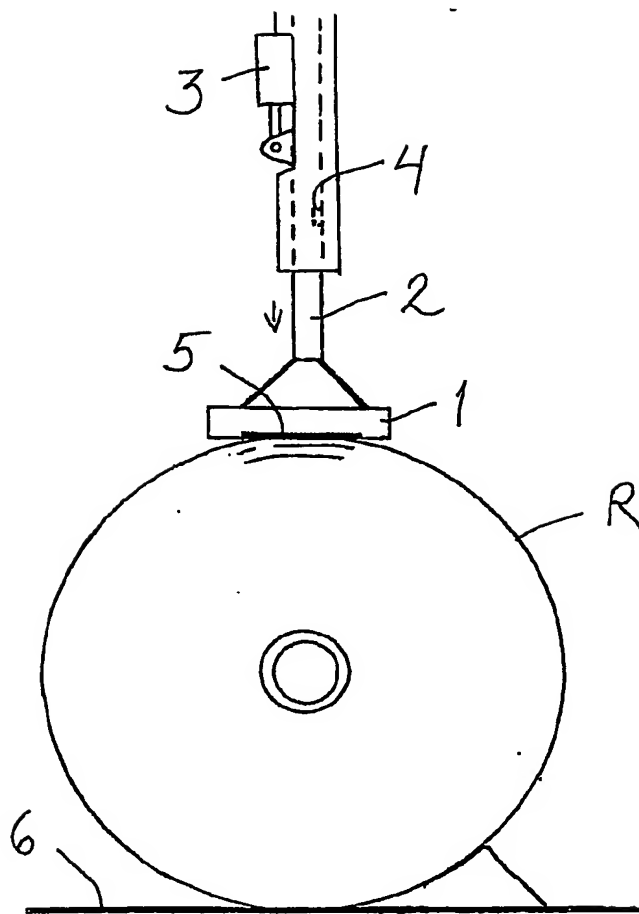


Fig. 3

77

7

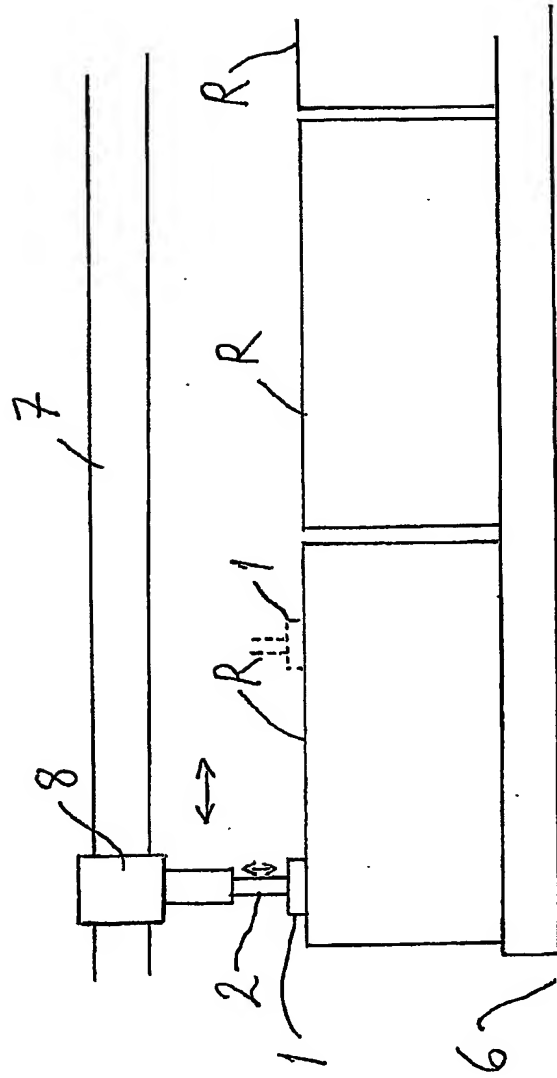


Fig. 4